

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

## **Vozík na golfové hole**

Golf cart

Student: Tomáš Bouma

Vedoucí bakalářské práce: ing. Milena Hrudíčková, Ph.D.

Ostrava 2009



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## Vozík na golfové hole

### *Golf Cart*

<b>Student:</b>	Tomáš Bouma
<b>Studijní obor:</b>	2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
<b>Specializace:</b>	2302R010-60 Průmyslový design
<b>Pracoviště:</b>	Katedra výrobních strojů a konstruování

### **Zásady pro zpracování:**

1. Proved'te rešerši v oblasti ručně ovládaných i mechanizovaných vozíků na golfové hole .
2. Navrhnete koncepční řešení konstrukce lehkého vozíku na golfové hole s elektrickým pohonem pojezdu.
3. Pro vytvoření 3D modelu zvolte CAD/CAM systém používaný na Fakultě strojní.
4. Ze 3D modelu vytvořte sestavný výkres konstrukčního řešení vozíku.
5. Nakreslete jeden dílenský výkres vybraného dílu sestavy (bude upřesněno v průběhu řešení).
6. Proved'te nezbytné návrhové a kontrolní pevnostní výpočty konstrukce a spojovacích dílů.
7. Bakalářská práce vyhotovená v souladu s požadavky a předpisy FS bude obsahovat úvodní rešerši, návrh konceptu, nezbytné pevnostní výpočty a popis konstrukčního řešení.



### **Pokyny pro zpracování:**

**Rozsah práce:** min. 30 stran textu mimo přílohy, výkresová část formát A1.

Pro obhajobu zhotovte model některého vybraného prvku (bude upřesněno v průběhu řešení práce) a propagační poster.

### **Seznam doporučené literatury:**

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

PLCHOVÁ, A., HRUDIČKOVÁ, M. *DESIGN V KONSTRUKCI STROJŮ NÁVODY DO CVIČENÍ*. 1. VYD. OSTRAVA: VŠB-TU OSTRAVA, 2005. 54 s. ISBN 80-248-0794-7.

PETRUŽELKA, J. *Ročníkový projekt. Jak psát bakalářskou práci* [online]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, poslední aktualizace 21. 10. 2006 [cit. 2007-04-10]. Dostupný z www: <URL: <http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Jak%20psat.pdf>>.

DEJL, Z. *KONSTRUKCE STROJŮ A ZAŘÍZENÍ I – SPOJOVACÍ ČÁSTI STROJŮ*. OSTRAVA: MONTANEX, 2000, ISBN 80-7225-018-3

KALAB, K. *ČÁSTI A MECHANISMY STROJŮ PRO BAKALÁŘE, ČÁSTI SPOJOVACÍ*, Ostrava 2008, ISBN 978-80-248-1290-8, VŠB – ZU Ostrava, 90 s,

**Vedoucí bakalářské práce:**

Ing. Milena Hrudíčková, Ph.D.

**Konzultant:**

Ing. Miroslav Jarábek (TEMEX s.r.o.)

**Datum zadání bakalářské práce:**

10. listopadu 2008

**Akademický rok:**

2008/2009



*Kovář*

.....  
**doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář**  
vedoucí katedry

*Farana*

.....  
**prof. Ing. Radim Farana, CSc.**  
děkan

V Ostravě dne 10. listopadu 2008

**Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....

podpis studenta

Prohlašuji že

- jsem byl seznámen s tím, že na mojí bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb.- autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 díla.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezentačnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že VŠB-TUO, v případě zájmu z jiné strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci j jinému využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladu, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, neodevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

### **Anotace bakalářské práce**

Bouma, T. Konstrukční a designový návrh golfového vozíku. Ostrava: katedra výrobních strojů a konstruování, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, 30 s. bakalářské práce, vedoucí Ing. Milena Hrudíčková, Ph.D.

Bakalářská práce navrhuje možný koncept a řešení problematiky konstrukce a estetiky (designu) golfového vozíku. Golfový vozík je poháněn pomocí elektromotorů a návrh zahrnuje také příslušenství spojené s ovládáním golfového vozíku. Při navrhování konceptu golfového vozíku jsou respektovány jak technické, tak ergonomické normy.

### **Anotation of Thesis**

Bouma, T. Design of golf cart. Ostrava: Department of Production Machines and Design, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava 2009, 40 p. Thesis, Head: Ing. Milena Hrudíčková, Ph.D.

Thesis solves golf cart design and aesthetics, including golf cart drive by means electric motors and equipment of promote control.

Technical and ergonomic standards were taken into account during process of design.

## Osnova bakalářské práce

1. Úvod a cíle práce .....	9
2. Rešerše .....	10
2.1. Rozdělení vozíků podle pohonů .....	10
2.1.1. Způsob otáčení golfových vozíků s elektrickým pohonem: .....	11
2.1.2. Konstrukce versus funkčnost vozíku: .....	12
2.1.3. Madla golfových vozíků .....	13
2.1.4. Golfové bagy .....	13
2.1.5. Ergonomie golfových vozíků .....	14
3. Požadavky kladené na golfový vozík .....	16
4. Koncepty možných variant .....	18
4.1. Návrh vlastního řešení .....	18
5. Konečný konstrukční, designový návrh, estetické doladění .....	25
5.1. Konečné návrhy základních částí .....	25
5.1.1. Kostra a pohon vozíku .....	25
5.1.2. Přední podvozek .....	28
5.1.3. Zadní podvozek .....	28
5.1.4. Příslušenství .....	29
6. Výpočet stability, pohonu a pevnostní kontrola MKP .....	31
6.1. Výpočet stability golfového vozíku .....	31
6.2. Výpočet pohonu .....	32
6.2.1. Rychlost pojezdu vozíku .....	33
6.2.2. Ovládání vozíku z hlediska ergonomie .....	34
6.3. Pevnostní kontrola metodou konečných prvků .....	34
7. Výsledné vizualizace navrženého vozíku .....	37
8. Závěr .....	39

## Seznam použitého značení:

$f$	součinitel odporu valení	$[-]$
$g$	gravitační zrychlení	$[m.s^{-2}]$
$r$	poloměr kola	$[m]$
$k$	bezpečnost proti prokluzu	$[-]$
$l$	délka	$[m]$
$A_x$	reakce v ose x od bodu A	$[N]$
$A_y$	reakce v ose y od bodu A	$[N]$
$B_y$	reakce v ose y od bodu B	$[N]$
$F$	síla	$[N]$
$F_f$	odpor valení	$[N]$
$F_g$	tíhová síla	$[N]$
$F_{od}$	celkový odpor	$[N]$
$F_r$	síla ruky	$[N]$
$F_s$	odpor stoupání	$[N]$
$G$	hmotnost	$[kg]$
$M_{ai}$	suma momentu k bodu A	$[N.m]$
$M_k$	krouticí moment	$[N.m]$
$R_e$	mez kluzu	$[MPa]$
$S$	stoupání svahu	$[\%]$
$\alpha$	úhel svahu	$[^\circ]$
$\sigma_{red}$	reduované napětí	$[MPa]$



# 1. Úvod a cíle práce

## Úvod:

Mezi vybavení používané na golfových hřištích patří golfové vozíky sloužící k převozu golfového pytle (dále bagu) s holemi a dalších pomůcek. Vozíky mohou být taženy rukou nebo poháněny elektromotorem spínaným pomocí dálkového ovládání. Návrhem takového elektricky poháněného golfového vozíku se zabývám ve své bakalářské práci.

Problematika golfových vozíků poháněných elektromotory je v časté nízké úrovni estetického ztvárnění motorové a akumulátorové části vozíku. Řešení často narušuje celkový design a ladnost jinak velmi povedených golfových vozíků. Jedním z cílů mé bakalářské práce byl návrh konstrukce, která umožní zakrytí akumulátoru a motoru. Materiál, který by měl vozík zakrývat, by měl být elastický, nejlépe textilní. Od počáteční myšlenky splňoval kritéria, která jsou kladena na design vozíku. Zakrytí vozíku textilem je také novinkou ve vývoji konceptu golfových vozíků, pokud nepočítám různé jednoúčelové vaky či obaly na akumulátory.

Při tvorbě bakalářské práce jsem měl možnost konzultace s firmou Temex s.r.o. Ostrava, oddělení Golf Equipment, konzultanty Ing. Miroslavem Jarábkem a Ing. Přemyslem Mišunem. Firma Temex mi poskytla výkresovou dokumentaci jejich stávajícího golfového vozíku, jehož design měl jisté nedostatky. Původní myšlenka přepracovat stávající vozík byla po konzultacích zavržena, soustředil jsem se tedy na vlastní návrh celé konstrukce vozíku s využitím zkušeností firmy v části pohonu.

## Cíle práce:

1. Rešerše a ergonomická studie ručně ovládaných i mechanizovaných golfových vozíků.
2. Navržení vozíku na golfové hole tak, aby splňoval dané podmínky na konstrukční i designové řešení.
3. Vypracování výkresové dokumentace, 3D modelu (CAD/CAM systém) a vizualizace.
4. Provedení kontrolních pevnostních výpočtů konstrukce a spojových částí.
5. Vyhotovení reálného modelu golfového vozíku.

## 2. Rešerše

### 2.1. Rozdělení vozíků podle pohonů

- **Manuální:**

- výhodou manuálně poháněných vozíků je jejich nezávislost na zdroji elektrické energie, nižší hmotnost z důvodu absence akumulátoru a motoru, estetika-design je lepší než u stávajících el. golfových vozíků,
- nevýhodou je nutnost použití fyzické síly při manipulaci s vozíkem.



*Obr. 2.1 Golfový vozík určený pro ruční ovládání*

- **S elektromotorem: -**

- výhodou vozíků je pohodlné manipulování dálkovým ovladačem, a nebo také lze elektronicky upravit golfový vozík tak, aby vozík sám pohyb hráče sledoval a zastavil se v určité vzdálenosti od hráče,
- nevýhodou je dojezd, který je omezený akumulátorem a s tím spojená větší hmotnost vozíku. V případě vybitého akumulátoru musí hráč ovládat vozík manuálně.



*Obr. 2.2 Elektrický vozík na golfové hole*

### 2.1.1. Způsob otáčení golfových vozíků s elektrickým pohonem:

- **pomocí předního podvozku** - konstrukce je složitější než v případě, kdy se vozík otáčí pomocí dvojice zadních kol. Dělí se na:
  - jednokolové (obr. 2.3 vlevo) – vede hůře směr než dvoukolové,
  - dvoukolové (obr. 2.3 vpravo) – lepší vedení ve stopě, složitější konstrukce, méně elegantní řešení.



Obr. 2.3 Vozík s jedním předním kolem, vozík se dvěma předními koly

- **pomocí zadního podvozku** – každé kolo je poháněno svým vlastním motorem s brzdou. To umožňuje regulaci rychlosti na každém kole zvlášť a tak i zatáčet. Motory můžou být (jak tomu bude v mém případě) umístěny v trubce, která plní funkci nosné konstrukce a zároveň krytu obou motorů



Obr. 2.4 Vozík s motory umístěnými v nosné trubce (ose)

### 2.1.2. Konstrukce versus funkčnost vozíku:

Existuje mnoho typů konstrukcí golfových vozíků, které se liší především použitými materiály, polotovary, profily, technologiemi výroby atd. Všechny tyto položky se odrážejí na celkovém designu vozíku.

Důležitou funkcí konstrukce golfového vozíku je obtížnost rozkládání, skládání, či manipulace s vozíkem během občasné údržby. V ideálním případě bychom měli docílit rozložení či složení co možná nejméně pracovními úkony za použití co nejmenší síly.

Při návrhu vozíku musíme uvažovat o přepravě vozíku na golfové hřiště. Klademe proto důraz hlavně na:

- skladovatelnost, tj. složení konstrukce vozíku na nejmenší možný rozměr, možnost naložení vozíku i do malého kufru auta, v lepším případě i naložení dvou vozíků.
- eliminaci přebytečné hmotnosti výběrem vhodných profilů, materiálů atd.
  - omezení hmotnosti usnadňuje např. dětem a ženám nakládání do auta,
- ergonomický návrh částí vozíku, které se používají jak při nakládání, vykládání tak i obsluhu a manipulaci s vozíkem na golfových hřištích.



Obr. 2.5 Vozík Clicgear II.

### 2.1.3. Madla golfových vozíků

Návrh madla u golfového vozíku vychází z typu vozíku, tedy jak je vozík poháněn. U vozíku s motorovým pohonem je uvažováno, že člověk téměř nevyužije madlo k poježdění po hřišti. V tomto případě mohou být použita madla poměrně jednoduchých tvarů.

V případě, že je vozík ovládán lidskou silou, je nutná ergonomická studie umístění a tvarového řešení madla, které zajistí pohodlné a bezpečné ovládání vozíku.

Madla u golfových vozíků můžeme rozdělit do dvou základních typů (obr. 2.6):

- jednoduché madlo – má pouze jednu funkční plochu,
- kombinované madlo – má více funkčních ploch a každá z nich má přesně danou funkci či způsob držení.



*Jednoduché madlo, madlo umožňující více způsobů držení*

*Obr. 2.6 Typy madel*

### 2.1.4. Golfové bagy

Golfové bagy můžeme rozdělit do dvou základních skupin podle druhu přepravy na:

- bag přenášený na zádech (Obr. 2.7) – má měkčí konstrukci a je vybaven opěrnými tyčemi, které udržují bag ve svislé poloze,
- bag určený pro poježdění na vozíku (Obr. 2.8) – má tužší základnu a bývá těžší.

Dále se bagy dělí podle:

- velikosti – bagy se dělají v mnoha velikostech, rozhodujícím rozměrem je průměr bagu udávaný v palcích (inch), nejčastější používané velikosti jsou 6 až 12 inch,
- použitých materiálů – např. využití nepromokavých materiálů,
- tvaru, barev,



- počtu komor a kapes – používají se golfové bagy s až 15 komorami určenými pro samostatné uložení golfových holí.

**OGIO®**



Obr 2.7 Bag určený pro nošení na zádech



Obr 2.8 Bag určený pro vozík

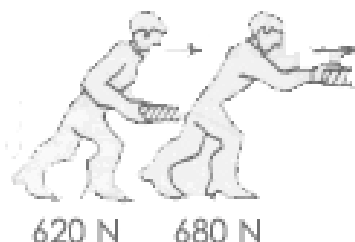
Rozměry a hmotnost bagů se mění podle typu, ovšem průměrně se délka bagu pohybuje okolo 90 cm a hmotnost prázdného bagu okolo 3 kg. Hmotnost bagu i s holemi by neměla překročit 25 kg.

#### 2.1.5. Ergonomie golfových vozíků

Směrné hodnoty břemen při manipulační činnosti jsou dány tabulkou 1. (3). Hmotnostní limity jsou brány v úvahu, např. při nakládání vozíku do kufru automobilu. Na obr. 2.9 je ilustrován způsob tlačení břemene (v našem případě golfového vozíku) za použití maximální možné síly, kterou může člověk vynaložit.

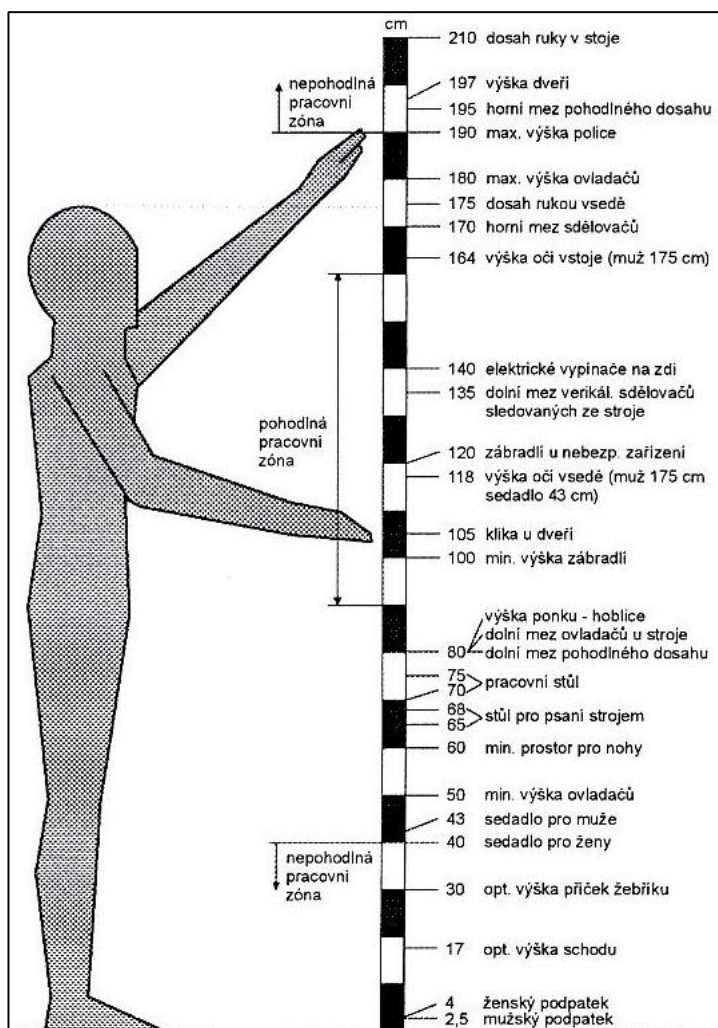
Tab. 1.

Dospělé osoby	Časté zvedání a nošení	Občasně zvedání a nošení
Muži	Do 25 kg	Max. do 50 kg
Ženy	Do 10 kg	Max. do 15 kg



Obr. 2.9 Silové schopnosti člověka při přepravě břemene tlačáním (3)

Umístění madla vozíku musí respektovat optimální výšku pro manipulaci s vozíkem, která se pohybuje v rozmezí 90 až 120 mm od země (obr. 2.10 - pohodlná pracovní zóna).



Obr. 2.10 Výškové údaje pro manipulaci (2)

### 3. Požadavky kladené na golfový vozík

Konstruktor – designér se při vývoji, v tomto případě golfového vozíku, musí řídit požadavky výrobce a zákazníka – uživatele. Požadavky výrobce jsou kladeny zejména na levnou a jednoduchou výrobu, dále na schopnost výrobku uspět na trhu ve srovnání s konkurencí. Uživatel požaduje, aby výrobek byl levný, spolehlivý, estetický a snadný na údržbu.

Požadavky výrobce a zákazníka na konstruktéra:

1. konstrukce přizpůsobená bagům velikosti 6 až 12'',
2. jednoduchost konstrukce s ohledem na manipulaci s vozíkem (skládání, rozkládání),
3. snížení rozměrů a hmotnosti golfového vozíku,
4. výkon a rychlost,
5. využití elektromotorů,
6. zakrytí neestetických částí vozíku,
7. využití zakrytých částí k dalším funkcím,
8. příslušenství,
9. změna dosavadního designu golfových vozíků.

Ad. 1) Konstrukce vozíku by měla být přizpůsobena většímu rozsahu velikostí bagů. Velikosti 6 až 12'' patří mezi nejrozšířenější. Variabilita konstrukce vyhovující různým velikostem bagu zvyšuje možný počet uživatelů vozíku.

Ad. 2) Jednoduchá konstrukce zajišťuje levnější výrobu a montáž. Uživatel ocení jednoduchost konstrukce hlavně při rozkládání, skládání, ale také při běžné údržbě a při nabíjení baterie.

Ad. 3) Zmenšením rozměru a hmotnosti se zlepší mnoho faktorů, které jsou nutné pro úspěšnost golfového vozíku na trhu. Použitím vhodných materiálů lze značně snížit hmotnost a tak usnadnit přenášení či zvedání vozíku. Zmenšením hlavních rozměrů vozíku se zajistí lepší skladovatelnost v případě přepravy většího počtu vozíků.

Ad. 4) Výkon motorů musí být dostatečný, tak aby vozík uvezl bag s holemi, který může vážit až 25 kg, a také různé příslušenství a občerstvení hráče. Rychlost pojezdu vozíku by měla být rovna rychlosti chůze člověka, nebo o málo větší. Při dimenzování pohonu je

také třeba počítat s jízdou do svahu nebo s různými jízdními odpory valení při jízdě odlišným terénem (živičný povrch, trávník suchý – mokrá apod.).

Ad. 5) Golfové vozíky využívají elektromotory mnoha typů. Motory, které využívají výrobci golfových vozíků (např. firma Temex), jsou dodávány firmou Transmotec Sweden AB. Elektromotor je napájen DC 12 V baterií. Při výběru elektromotoru je důležitá vlastní hmotnost, aby příliš nevzrostla hmotnost celého vozíku. Výhodou těchto elektromotorů je možnost výběru motorů vybavených brzdou. Zadní kola vozíku mohou být poháněna zvlášť, čehož může být využito pro zatáčení golfového vozíku.

Ad. 6) Zakrytí neestetických částí, jako je např. baterie nebo kryt elektroniky, může být provedeno pomocí elastického textilu. Ve srovnání s jinými materiály má textil výhodu hlavně v nízké hmotnosti, která je u vozíku klíčová. Elastický textil má výhodu i oproti běžným pevným textilům. Základní rozdíl je ve tvaru v napnutém stavu látky. Elastický textil působí na pohled hladce na rozdíl od obyčejného textilu, který může vypadat pomačkaně nebo se na něm tvoří různé záhyby. Textil můžeme připevnit ke konstrukci pomocí suchých zipů.

Ad. 7) Zakrytí vozíku dává možnost využít zakrytého prostoru k dalším funkcím. Na látku se mohou přišít kapsy různých velikostí, které mohou sloužit jako odkládací místo pro různé osobní předměty, které nejsou příliš často využívány během hry, nebo je chceme skrýt před zraky cizích lidí.

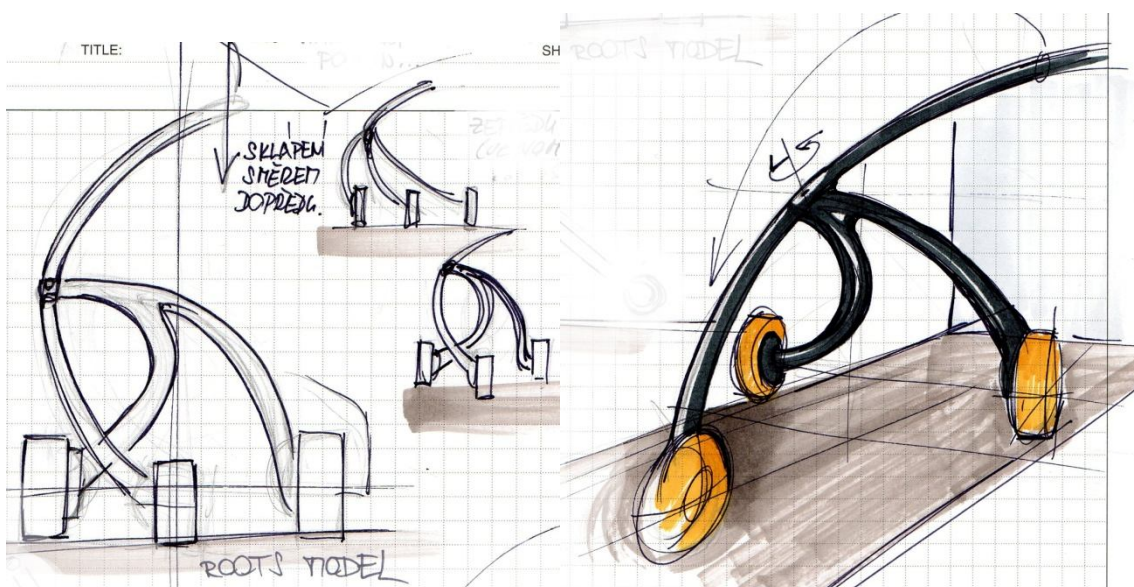
Ad. 8) Nedílnou součástí elektronických vozíků je příslušenství spjaté s ovládáním - dálkový ovladač a krabička s elektronikou, která řídí samotný vozík. Dálkový ovladač by měl mít své místo, do kterého je uložen, když není dálkové ovládání využíváno. Krabička s elektronikou může plnit také funkci místa pro připevnění bloku, tužky nebo odložení míčku. Kabeláž, která je nutná ke komunikaci elektroniky s elektromotory, by měla být z estetických i bezpečnostních důvodů schována (možnost poškození kabelů při manipulaci s vozíkem). Kabeláž je možné protáhnout nosnými prvky konstrukce, která je obvykle tvořena trubkami, až k motorové a akumulátorové části vozíku.

Ad. 9) Využitím netradičních materiálů a inovací dílčích částí a příslušenství lze změnit celkový pohled na design stávajících golfových vozíků. Golfový vozík by měl být estetický i bez textilního potahu. Zajímavou variantou je spojení sportovního a luxusního designu.

## 4. Koncepty možných variant

Důkladný průzkum současného trhu s vozíky na golfové hole odhalil menší i větší nedostatky, které se týkají designu a funkčnosti. Můžeme se také setkat s vozíky, které mají velmi dobré funkce (např. rozkládání, skládání), ovšem vzhled a estetika u těchto golfových vozíků zaostává. V některých případech je problematické najít kompromis mezi konstrukcí a designem.

Jeden z mnoha vlastních návrhů designu konstrukce golfového vozíku je uveden na následujícím obrázku:



Obr. 4.1 Skicy golfového vozíku

Problémem této varianty je umístění motoru. Při zabudování elektromotorů do středů kol by díky rozměrům motorů značně narostla šířka kol. Proto tento typ konstrukce není možno bez dalších úprav využít pro elektricky poháněné golfové vozíky, mohla by však být zajímavou alternativou pro vozíky ovládané ručně.

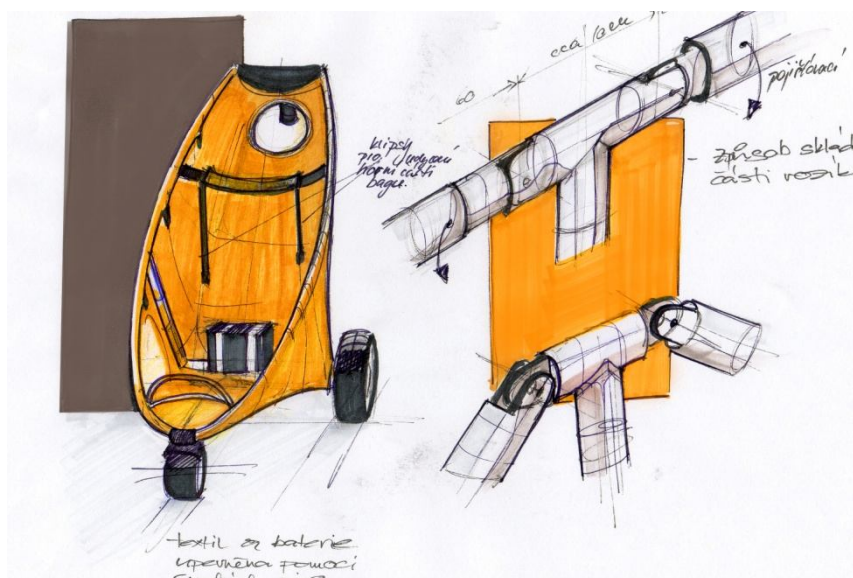
### 4.1. Návrh vlastního řešení

Možné varianty řešení jednotlivých částí golfového vozíku s ohledem na konstrukci, design a funkci dané součásti:

1. konstrukce – kostra
2. přední povozek
3. zadní podvozek
4. příslušenství



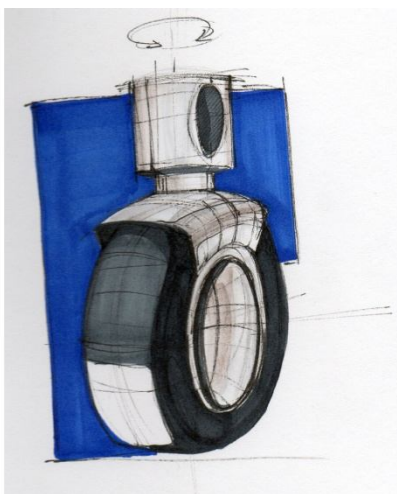
Ad. 1) Konstrukce musí dovolovat snadné upevnění bagu s holemi i textilního potahu a musí nést celé zatížení, jakým je vozík namáhán. Dále konstrukce chrání a zakrývá dva elektromotory. Kloubové mechanismy pro skládání a rozkládání vozíku by měly obsahovat pojistku proti nechtěnému složení.



Obr. 4.2 Golfový vozík a kloubový mechanismus

Ad. 2) Přední podvozek je vlečený (respektive tlačný) a je tvořen jedním kolem. Z hlediska konstrukce může být řešení předního kola provedeno variantně:

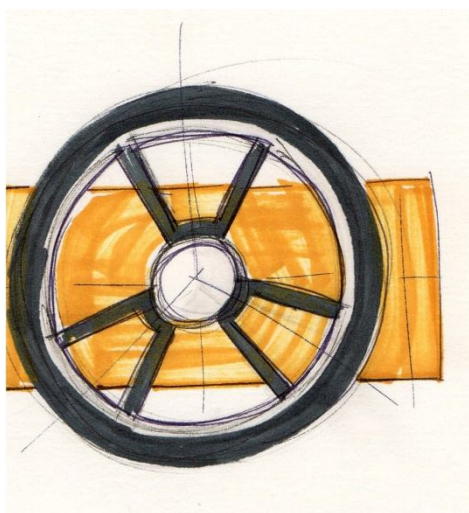
- kolo s plným středem – otáčí se celé kolo včetně náboje kolem hřídele, který tvoří osu (běžné provedení u řady různých pojezdových koleček),
- kolo s prázdným středem – náboj stojí a přes ložisko upevněné na stabilním náboji se otáčí pouze ráfek s pneumatikou (efektní provedení náročnější na konstrukci a cenu).



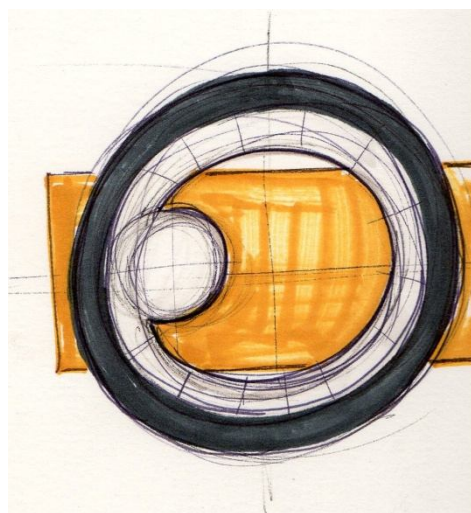
Obr. 4.3 Varianta kola s prázdným středem.

Ad. 3) Každé kolo zadního podvozku je poháněno zvlášť a je připevněno k výstupnímu hřídeli vlastního elektromotoru. Zadní kola (obr. 4.4) mohou být konstruována ve dvou základních typech odvozených od variant předního kola (ad. 2):

- kola symetrická – náboj kola je umístěn uprostřed v ose výstupního hřídele elektromotoru,
- kola nesymetrická – kolo se skládá z pevného ráfku, který je součástí nosné konstrukce a otočného ráfku (s pneumatikou) opatřeného vnitřním ozubením, který se otáčí na ložisku většího průměru uloženém na pevném ráfku. Na hřídeli elektromotoru je uložen ozubený pastorek, který zabírá do vnitřního ozubení a pohání otočný ráfek. Touto variantou je možné dosáhnout značného vizuálního efektu při pojezdu golfového vozíku. Je však náročnější na konstrukci i výběr pohonných elektromotorů z hlediska velikosti otáček a převodových poměrů. Tato varianta, ač velmi zajímavá, byla následně opuštěna právě z důvodu nenalezení vhodného elektromotoru pro pohon.



*Obr. 4.4 Kolo symetrické,*

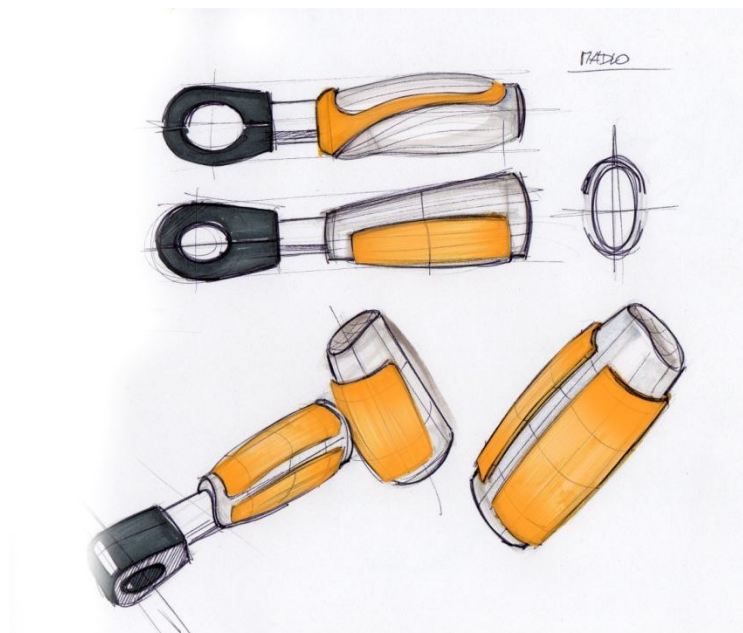


*kolo nesymetrické.*

Ad. 4) Mezi příslušenství je zahrnuto madlo, držáky bagu, krabička s elektronikou, dálkové ovládání včetně úložného místa pro něj.

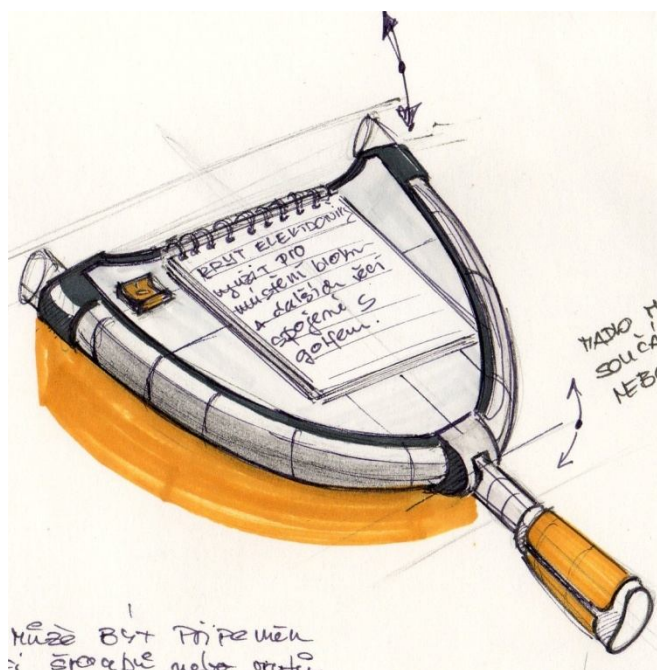
- Madlo - vozík poháněný elektromotorem poskytuje možnost použití jednoduchého madla, které je modelováno pro uchopení levou i pravou rukou. Z ergonomického

hlediska by madlo nemělo svým tvarem příliš diktovat rozmístění prstů při úchopu, protože vozík je určen pro širší okruh lidí, kteří mají různě velké dlaně. Návrhy tvarování madla jsou uvedeny na obrázku 4.5.



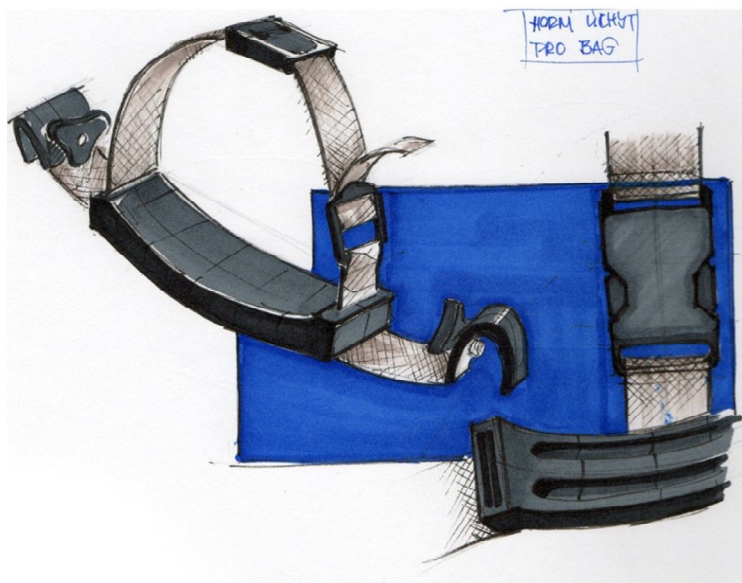
Obr. 4.5 Návrhy jednoduchého madla

- Krabíčka s elektronikou je v mnoha případech elementem narušujícím estetiku golfových vozíků. Je vhodné krabíčku umístit tak, aby byla součástí konstrukce a přitom aby byla lehce dostupná (jako např. na návrhu na obr. 4.6).



Obr. 4.6 Krabíčka umístěna mezi trubkami nosné konstrukce

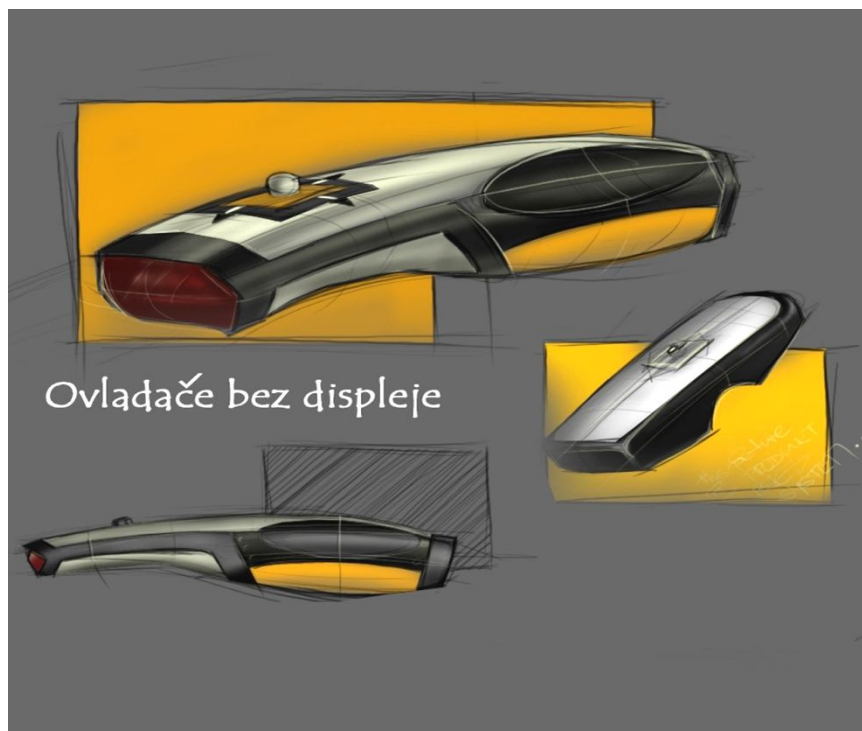
- Spodní držák tvoří oporu bagu, nese většinu jeho hmotnosti a zajišťuje jeho stabilní uložení v nosné konstrukci. Horní držák obepíná bag, zajišťuje jeho stabilitu a bývá tvořen různými úvazy. Držáky bagu se vyskytují v mnoha variantách a využívají různé materiály. Velmi často je spodní i horní držák bagu součástí nosné konstrukce. Toto řešení není příliš variabilní. Omezuje použití bagu různých velikostí. Kombinace pevného spodního držáku a nastavitelného horního držáku tento problém eliminuje. Návrh provedení horního držáku je na obrázku 4.7.



*Obr. 4.7 Horní část držáku bagu, bag je fixován pomocí spony*

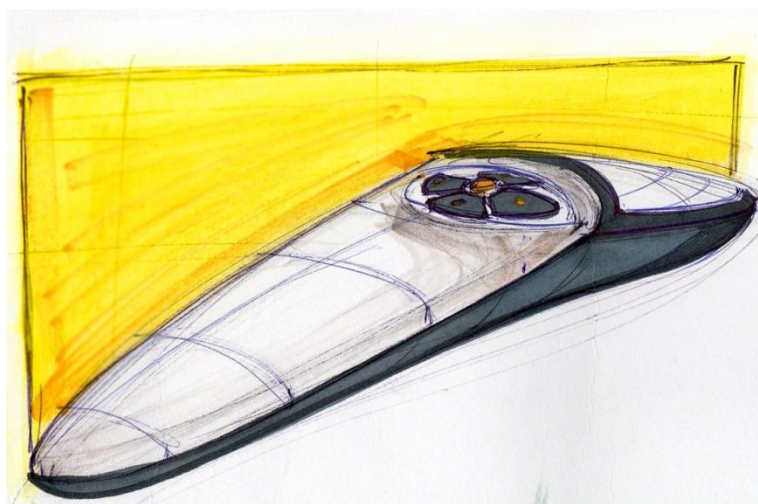
- Dálkový ovladač a stojánek pro jeho uložení jsou nedílnou součástí vozíku s elektromotorem. Dálkový ovladač umožňuje ovládání vozíku a také může sloužit jako zdroj informací (hodiny, stav baterie pohonu, maximální dojezd vozíku při aktuálním stavu baterie apod.). Tvarové řešení ovladače vychází z jeho funkce a je odvozeno od tvaru dálkových ovladačů televizorů. Jeho používání je tedy intuitivní. Tvar ovladače a způsob úchopu napovídá také způsob jeho ovládání. Pro úchopové části je navržen materiál s protiskluzovým efektem a barevné řešení upozorňuje uživatele na funkční části zařízení. Ovladač musí být proveden jako voděodolný. Napájení je zajištěno bateriemi, ovládání elektromotorů vozíku přes joystick umístěný na horní ploše ovladače v dosahu palce. Návrh řešení ovladače bez displeje je uveden na obrázku 4.8.





*Obr. 4.8 Návrh provedení ovladače bez displeje*

Další variantou je ovladač s displejem, skica návrhu je na obrázku 4.9 a na obrázku 4.10 je tento návrh rozpracován a vytvořeny fotorealistické vizualizace pomocí sw Rhinoceros. Základní tvar ovladače vychází ze základních tvarů konstrukce golfového vozíku.



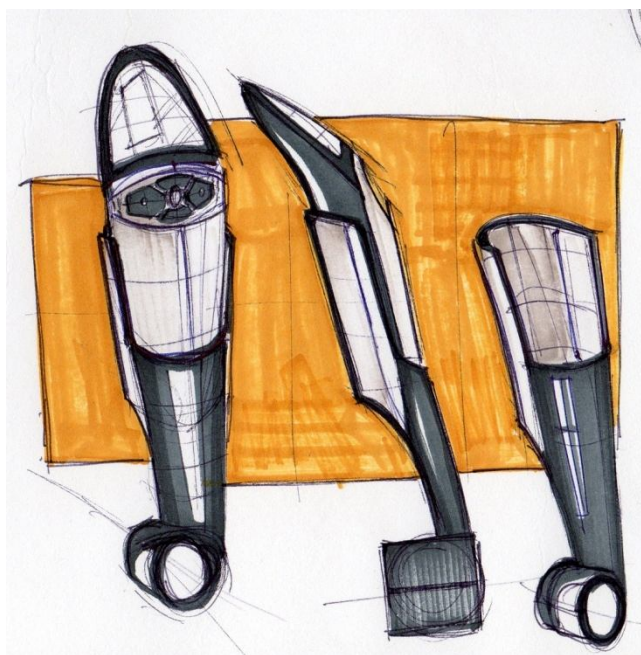
*Obr. 4.9 Skica ovladače s displejem v přední části*





*Obr. 4.10 Vizualizace ovladače s displejem*

- Design stojanu dálkového ovladače (obr. 4.11) může být řešen podobně jako handsfree mobilních telefonů v automobilech. Umístění stojanu na konstrukci vozíku je zvoleno z důvodu dostupnosti a praktičnosti použití v horní části vozíku, aby se hráč nemusel pro ovladač ohýbat a jeho displej měl v zorném poli.



*Obr. 4.11 Stojan respektující tvar ovladače*

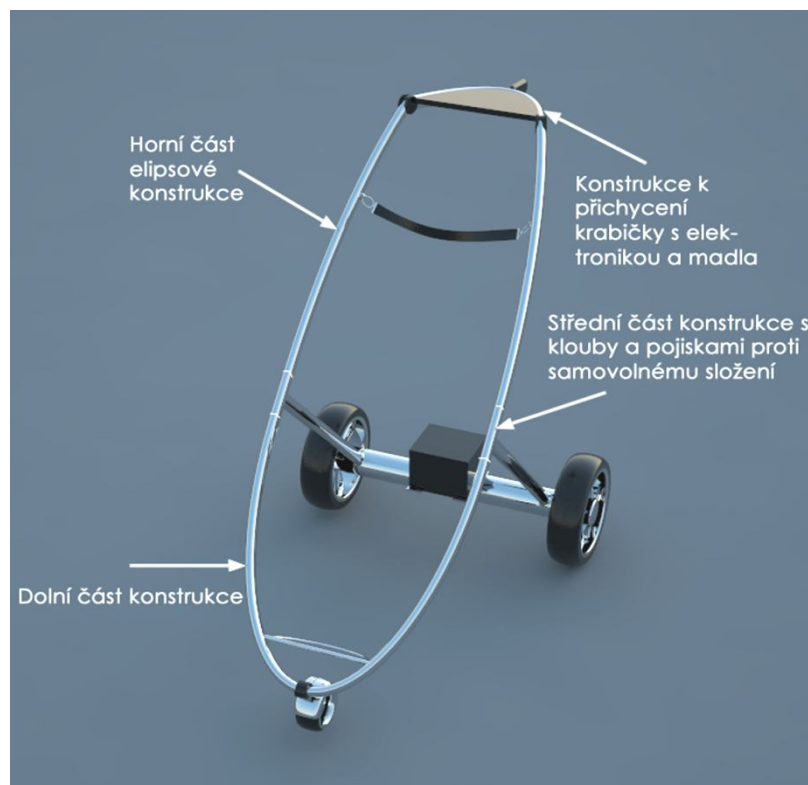
## 5. Konečný konstrukční, designový návrh, estetické doladění

Množství konstrukčních variant, skic a návrhů zvyšuje pravděpodobnost nalezení ideálního řešení. Při výběru vhodné estetické (designové) varianty nastává otázka, zda lze při zachování všech plánovaných funkcí snadno a levně tuto variantu vyrobit. Je nutné najít vhodný kompromis mezi konstrukcí a designem.

### 5.1. Konečné návrhy základních částí

#### 5.1.1. Kostra a pohon vozíku

Základní tvar konstrukce golfového vozíku vychází s elipsy (viz obr. 5.1) a je tvořen profilem vejčitého průřezu ze slitiny hliníku (např. Duralu). Horní část elipsy však musela být upravena na vejčitý tvar z důvodu zlepšení stability a pevnosti konstrukce a zmenšení celkového rozměru kostry. Tato část konstrukce nese celé zatížení od hmotnosti bagu. Na elipsově části konstrukce jsou připevněny dolní a horní držáky bagu a také přední podvozek. Částečně bude k této části připevněn také potah z elastické látky. Elipsová část konstrukce je rozdělena na čtyři části, které jsou spojeny klouby umožňujícími složení vozíku.



Obr. 5.1 Popis elipsové konstrukce

Popis jednotlivých částí elipsové (vejčité) části konstrukce:

- Dolní část konstrukce je kloubem spojená se střední částí elipsy. Uprostřed spodní části je pomocí plastového držáku upevněno přední kolo. Také je v tomto místě k profilu přivařen spodní držák bagu. Ten je tvořen dvěma tyčemi, které dostatečně zajišťují fixaci podstavce golfového bagu.
- Střední část sestává z duralové tyče přivařené k motorové části konstrukce. Tato část tvoří nosný prvek, ke kterému se skládá horní a dolní část elipsovitě konstrukce. Při rozkládání vozíku je nutno zajistit dolní i horní části elipsovitě konstrukce proti samovolnému složení. Zajištění je realizováno v místě styku obou částí se střední částí pomocí dvou pružných objímek s výstupky zaklapnutých do protikusu s otvory.
- K horní části konstrukce je přichycen horní držák bagu.
- Poslední část konstrukce, která je spojena pomocí tisícíhranu s horní částí, je určena k uložení krabičky s elektronikou. Dále je v této části připevněno madlo.

Druhou částí konstrukce je motorová a akumulátorová část (obr. 5.2). Motorová část je tvořena trubkou, která je uprostřed seříznuta. Seříznutá část je určena pro umístění baterie. Baterie – akumulátor se fixuje pomocí suchých zipů, které umožňují snadnou a rychlou manipulaci s baterií. K trubce jsou přivařeny dvě menší trubky s profilem totožným jako u elipsové části konstrukce. Trubky jsou přivařeny pod úhlem 45°. Přes tyto dvě trubky je spojena motorová a elipsová část konstrukce golfového vozíku.



Obr. 5.2 Popis motorové části

Technical drawing of the appearance size of the sensor, showing side and top views with dimensions.

**Side View Dimensions:**

- Total length:  $103.5 \pm 0.5$
- Main body diameter:  $\varnothing 54.0$
- Flange outer diameter:  $\varnothing 32$
- Flange inner diameter:  $\varnothing 12$
- Flange thickness: 3
- Distance from end to flange: L
- Distance from center to flange:  $\varnothing 52$

**Top View Dimensions:**

- Outer diameter:  $\varnothing 40$
- Inner diameter:  $\varnothing 32$
- Mounting hole diameter:  $\varnothing 5$
- Mounting hole spacing: 10
- Mounting hole specification: 4-M5\*0.8P DEPTH 9.4MM

**Other Labels:**

- LEADING WIRES GREEN&RED

**Tab. 4 Parametry elektromotorů firmy Transmotec - série PD 52103.**

MOTOR DATA						
Rated volt (V)	Rated torque (kg-cm)	Rated speed (rpm)	Rated Current (A)	No load speed (rpm)	No load current (A)	Rated input (W)
12	0.9	3100	3.3	3600	0.5	39.6
24	1.2	3000	2.2	3600	0.4	52.8

Výstupní otáčky	min <sup>-1</sup>	79
Výstupní krouticí moment z převodovky	N.m	2,82
Převodový poměr	-	39 : 1

### 5.1.2. Přední podvozek

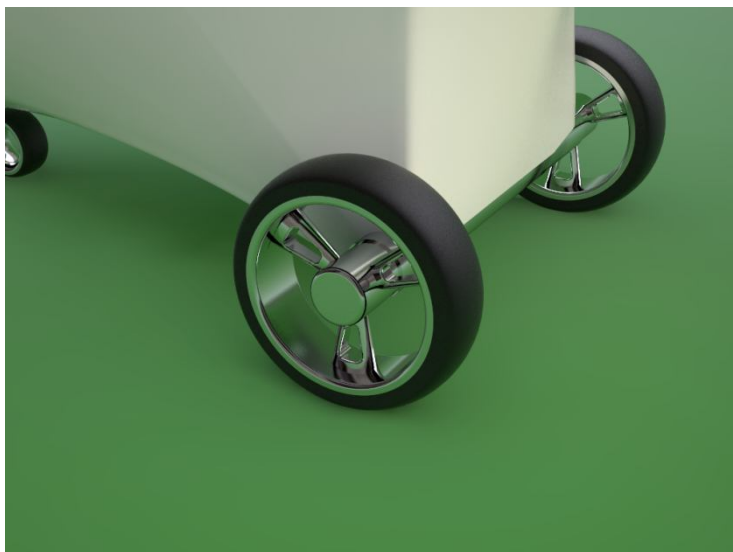
Přední podvozek je řešen jako vlečený (tlačený) a je umístěn na dolní části elipsové konstrukce. Je tvořen jedním širokým kolem. Kolu se otáčí pouze vnější ráfek s pneumatikou, vnitřní část ráfku stojí (varianta popsaná v bodě 4.1 ad. 2). Rám je přichycen k dolní části pomocí plastového držáku (obr 5.4).



Obr 5.4 Přední podvozek

### 5.1.3. Zadní podvozek

Zadní podvozek je poháněn motory umístěnými v nosné trubce konstrukce (obr 5.5). Motory mohou pracovat každý samostatně, nejsou na sobě závislé. Přibrzděním jednoho z kol dojde k změně směru jízdy vozíku. Rychlost vozíku je volena s ohledem na rychlost chůze a pohybuje se mezi 4 – 5 km/h v závislosti na hmotnosti bagu a sklonu a povrchu terénu.



Obr. 5.5 Zadní podvozek



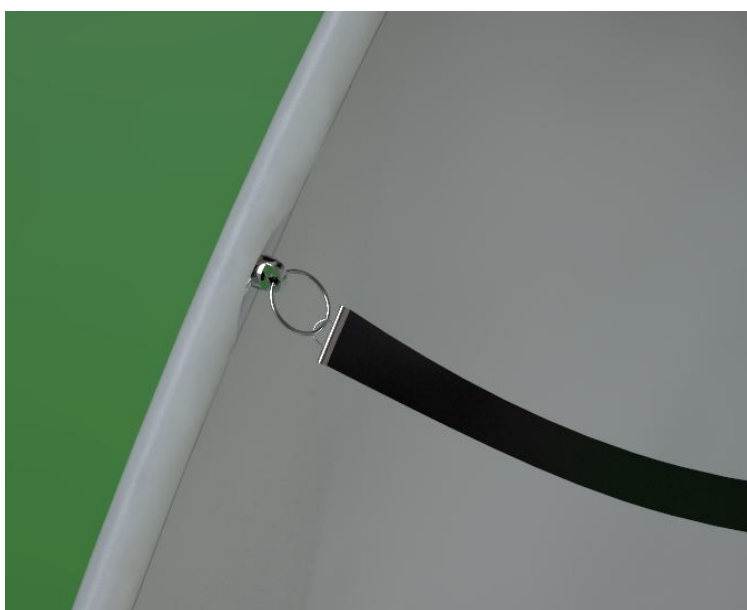
#### 5.1.4. Příslušenství

Spodní držák bagu se skládá ze dvou tyčí, které jsou k sobě přivařeny. O vodorovnou tyč se opírá dno bagu. Druhá, tvarovaná tyč, zajišťuje nepropadnutí bagu dovnitř vozíku. Celý spodní držák je přivařen k dolní části elipsovité konstrukce, a tím ji také zpevňuje (obr. 5.6).



Obr. 5.6 Spodní držák bagu

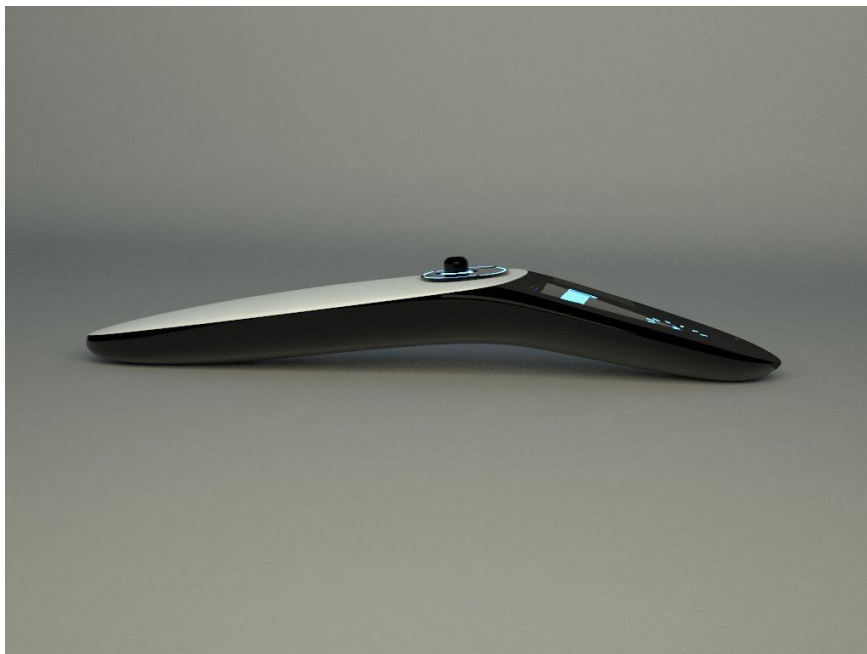
Horní držák bagu je zjednodušen oproti původnímu návrhu (viz. kapitola 4.1, Ad. 4). Držák sestává z několika částí. Na horní části konstrukce jsou přivařeny dva čepy s otvory pro kroužky. Přes tyto kroužky je připojen textilní popruh, který je na obou koncích ukončen plechovými čelistmi se zoubky vmáčkнутými do konců popruhu (obr. 5.7). Díky tomuto uchycení popruh poskytuje oporu bagům v rozsahu několika velikostních variant (6 až 12 inch).



Obr. 5.7 Horní držák bagu

Dálkové ovládání (obr. 5.8) tvarově vychází se samotného golfového vozíku. Ovladač je při pohledu shora záměrně tvořen elipsou, podobně jako vozík. Spodní část ovladače je tvořena podobnou křivkou, jako je spodní část golfového vozíku.

Materiály použité na vozíku jsou popsány v kapitole 4.1.



*Obr. 5.8 Dálkové ovládání*

Stojánek dálkového ovladače (obr. 5.9a, b) je přizpůsobený tvaru ovladače a je připevněn ke krabičce s elektronikou ovládání motorů.



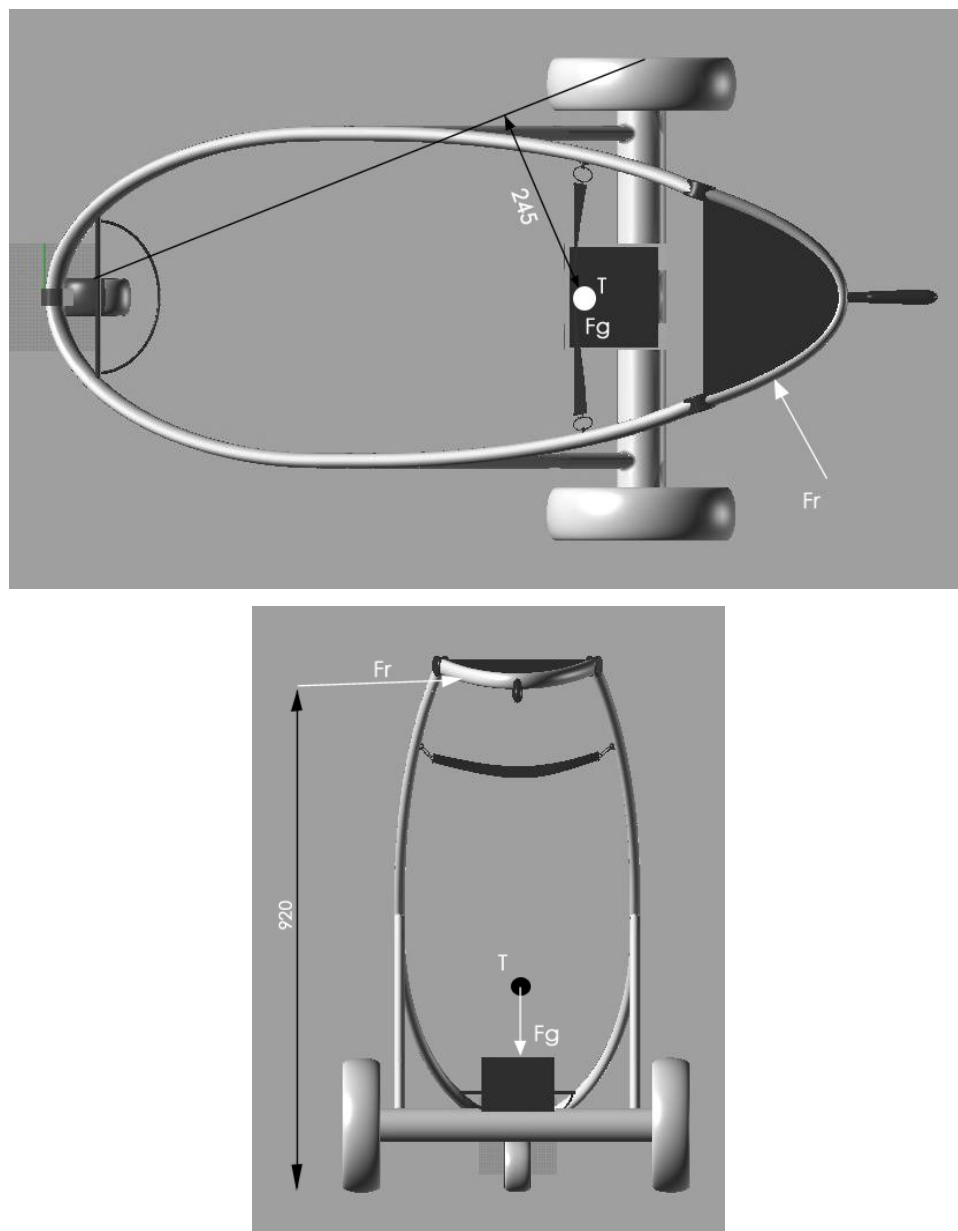
*Obr. 5.9 a, b Stojánek dálkového ovladače*

## 6. Výpočet stability, pohonu a pevnostní kontrola MKP

Základní výpočty nutné ke správnému návrhu golfového vozíku se zabývají stabilitou vozíku, potřebným výstupním krouticím momentem k určení správného pohonu a také pevnostní kontrolou formou MKP. Metodě konečných prvků však předchází analytické výpočty určující reakce, kterými působí bag na golfový vozík.

### 6.1. Výpočet stability golfového vozíku

Výpočet vychází z momentové rovnováhy při zatížení vozíku např. opřením ruky. Zvolená síla  $F_r$  (např. ruky) působí na golfový vozík na rameni  $r$ . Tíhová síla  $F_g$  působí v těžišti  $T$  na rameni  $l$  od pomyslné klopné přímky spojující přední a zadní kolo (obr. 6.1a, 6.1b).



Obr. 6.1a, 6.1b Rozdělení sil nutných pro výpočet stability vozíku

**Rovnice stability:**

Předpokládaná celková hmotnost vozíku s bagem i příslušenstvím je 36,5 kg. Stabilizující tíhová síla  $F_g$  působí v těžišti zatíženého vozíku. Hledáme velikost síly  $F_r$ , kterou lze vozík zatížit opřením ruky ve výšce madla.

$$F_g = 360 \text{ N}, l = 245 \text{ mm}, r = 920 \text{ mm}, F_r = ? \text{ N}$$

$$F_g * l = F_r * r$$

$$F_r = \frac{F_g * l}{r} \quad (6.1)$$

$$F_r = \frac{360 * 245}{920}$$

$$F_r = 95,87 \text{ N}$$

Z výpočtu vyplývá, že je možná síla opření ruky cca 95 N, při které nedojde k převrácení vozíku. Jelikož od výrobce nebyly dány z hlediska stability proti převržení žádné požadavky, bylo by nutné tuto otázku případně dořešit.

**6.2. Výpočet pohonu**

Postup výpočtu jízdních odporů je proveden podle (1).

**Vztah pro výpočet odporu valení:**

$$F_f = g * G * f * \cos \alpha \quad (6.2)$$

$f = f_o = 0.05$ .....součinitel odporu valení pro suchou i mokrou posečenou louku.

$$\alpha = \arctg \frac{S}{100} = 3,43^\circ \text{ ....úhel svahu} \quad (6.3)$$

$S=6 \%$ .....stoupání svahu s převýšením svahu v  $m$  na  $100m$

$G=18 \text{ kg}$ .....poloviny hmotnosti vozíku s bagem

**Dosazení do vztahu pro odpor valení:**

$$F_f = 9.81 * 18 * 0.05 * \cos 3.43^\circ \quad (6.4)$$

$$F_f = 8.81 \text{ N}$$

**Výpočet odporu stoupání:**

$$F_s = g * G * \sin \alpha$$

$$F_s = 9.81 * 18 * \sin 3.43^\circ \quad (6.5)$$

$$F_s = 10,56 \text{ N}$$

### Výsledná hodnota odporu valení a stoupání:

$$\begin{aligned}\sum F_{od} &= F_f + F_s \\ \sum F_{od} &= 8.81 + 10.56 \\ \sum F_{od} &= 19.37 \text{ N}\end{aligned}\tag{6.6}$$

### Krouticí moment:

Krouticí moment pohonu musí dostatečný pro překonání jízdních odporů. Výpočet potřebného krouticího momentu vyplývá z obr. 6.2:

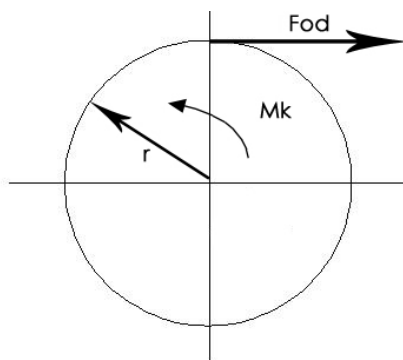
$M_k = ?$ .....potřebný krouticí moment

$k=1.1$ .....bezpečnost proti prokluzu (1)

$F_{od}=19.37 \text{ N}$ .....celkový jízdní odpor

$r=0.125 \text{ m}$ .....poloměr kola

$$\begin{aligned}M_k &= k * F_{od} * r \\ M_k &= 1.1 * 19.37 * 0.125 \\ M_k &= 2.66 < 2.82 \text{ Nm}\end{aligned}\tag{6.7}$$



Obr. 6.2 Schéma pro výpočet krouticího momentu

Zvolený elektromotor poskytuje krouticí moment o hodnotě 2,82 N.m, lze tedy konstatovat, že je pro podmínky uvedené výše vyhovující. Pokud by byl vozík zatížen více, než je uvedeno v předchozím výpočtu, nebo by musel zdolat větší stoupání, neprojeví se to ztrátou funkce, ale vyšší spotřebou elektrické energie a tím zkrácením dojezdu.

#### 6.2.1. Rychlost pojezdu vozíku

Z konstrukčního návrhu vyplývá průměr pojezdových kol  $D = 250 \text{ mm}$ . Při výstupních otáčkách motoru  $79 \text{ min}^{-1}$  vychází pojezdová rychlost  $3.72 \text{ km.h}^{-1}$ .



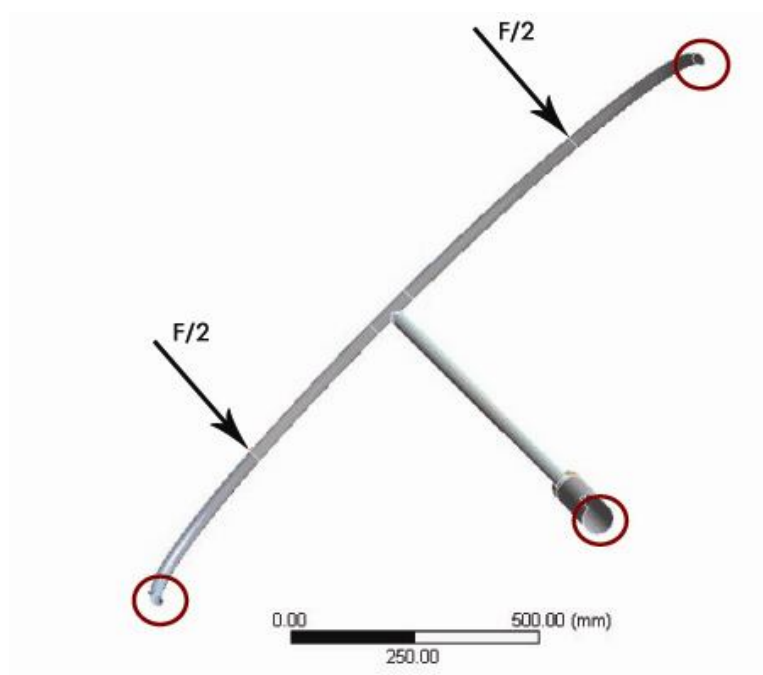
### 6.2.2. Ovládání vozíku z hlediska ergonomie

Při manuálním ovládání vozíku je nutno překonat výslednou hodnotu odporu valení a stoupání  $F_{od}$  (6.6). Při srovnání s dovolenými silami při tlačení vozíku (max. 680 N - viz kapitola 2.1.5) je patrné, že jsou ergonomické požadavky dodrženy. Z hlediska pojízdové rychlosti respektuje navržený vozík rychlost lidské chůze.

### 6.3. Pevnostní kontrola metodou konečných prvků

K výpočtu MKP byl použit program Ansys. Správnost výpočtu je podmíněna přesným výpočtem reakcí od zatížení, působících na konstrukci golfového vozíku.

Model golfového vozíku byl přes IGES formát převeden z programu Inventor 10 do programu Ansys. Výpočet MKP počítá s polovinou vozíku, který je symetrický (obr. 6.3). Model je rozdělen v místech, kde působí reakce, abychom mohli přesně zavést reakce, které zatěžují konstrukci golfového vozíku. Konstrukce je zatížena dvěma složkami reakcí označenými  $A_y$  a  $B_y$ , směr a působiště sil je vyznačen šipkami. Kroužky označují místa symetrie.



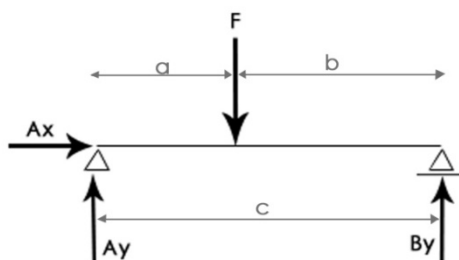
Obr. 6.3 Místa využitá pro symetrii

#### Analytický výpočet konstrukce golfového vozíku:

Konstrukce z obr. 6.3 byla zjednodušena na schéma nosníku, který je zobrazen na obrázku 6.4. Působení profilu střední části je nahrazeno silou  $F$  a jsou zavedeny reakce v místech působících sil  $A_y$  a  $B_y$ .

$\frac{1}{2}$  tíhové síly od bagu  $F=125\text{N}$ ,

$a = 400\text{mm}$ ,  $b = 500\text{mm}$ ,  $c = 900\text{mm}$  – rozměry vycházející z konstrukce



Obr. 6.4 Zjednodušený nosník

Reakce v ose x:  $F_{ix} : A_x = 0$

Součet reakcí v ose y:  $\sum F_{iy} : A_y + B_y - F = 0$

Součet momentů k bodu A:  $\sum M_{ia} = F * 400 + B_y * 900 = 0$

**Výpočet jednotlivých reakcí:**

$$A_x = 0$$

$$A_y + B_y - F = 0$$

$$A_y + B_y - 125 = 0$$

$$A_y = F - B_y \quad \rightarrow \quad A_y = 125 - 55.56 = \underline{69,44N}$$

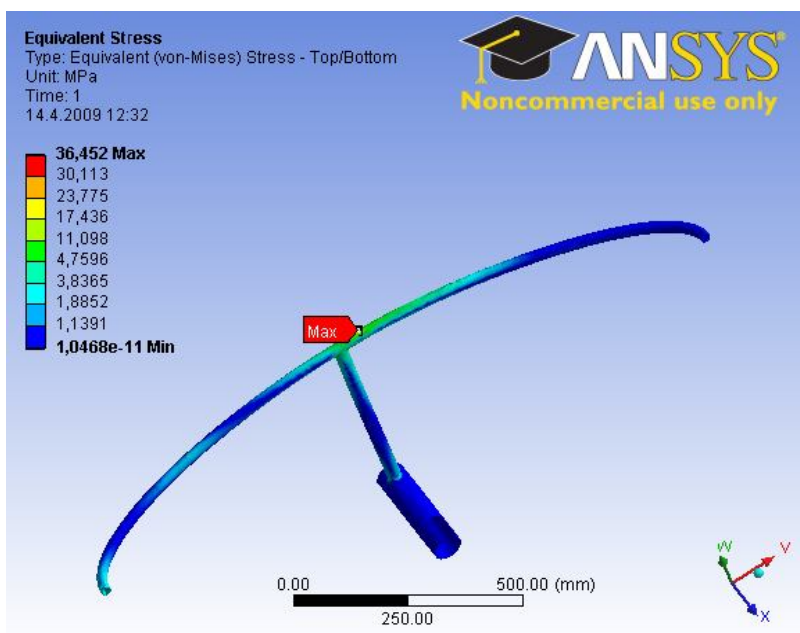
$$B_y * 900 = F * 400 \quad \rightarrow \quad B_y = (F * 400) \div 900$$

$$B_y = \frac{(125 * 400)}{900} = \underline{55.56N}$$

Vypočtené reakce působící na vozík jsou použity při pevnostní kontrole MKP.

**Redukované napětí:**

Maximální hodnota redukovaného napětí (dle H-M-H) působící na konstrukci vozíku je 36,452 MPa a je označeno Max na obr. 6.5.



Obr. 6.5 Maximální zatížení působící na konstrukci

Při srovnání dosahovaného napětí s mezí kluzu materiálu:

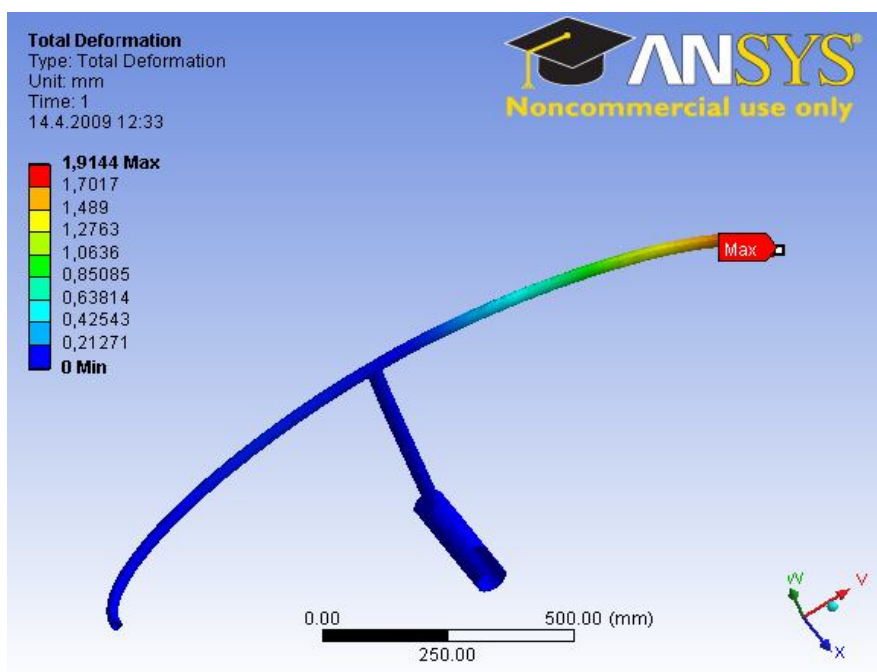
- materiál 42 4401 - AlMgSi, mez kluzu  $R_e = 145$  MPa pro trubky lisované zatepla lze konstatovat, že výsledná statická bezpečnost:

- $$k_s = \frac{R_e}{\sigma_{red}} = \frac{145}{36,452} = 3,98$$

je dostačující.

### Deformace:

Šipka ukazuje místo, kde se konstrukce golfového vozíku při maximálním zatížení nejvíce prohne. Maximální deformace je cca 2 mm (obr. 6.6). Tato deformace nemá vliv na spolehlivou funkci golfového vozíku.



Obr. 6.4 Maximální deformace konstrukce

Analytický výpočet a pevnostní kontrola metodou konečných prvků v programu Ansys určila místa, která jsou nejvíce namáhána a deformována. Místa, ve kterých působí maximální redukované napětí, mají dostatečnou bezpečnost. Konstrukce golfového vozíku je dostatečně dimenzována z hlediska pevnosti a tuhosti, aby plnila svou funkci.

## 7. Výsledné vizualizace navrženého vozíku







## 8. Závěr

1. Provedl jsem rešerši z oblasti ručně ovládaných i mechanizovaných golfových vozíků. Z ergonomické studie vyplynula požadovaná výška madla vozíku, maximální ovládací síla a maximální hmotnost vozíku při nakládání např. do kufru automobilu.
2. Stanovil jsem požadavky kladené na konstrukci a variabilitu golfových vozíků. V dostatečném množství variant jsem navrhl provedení jednotlivých částí konstrukce vozíku i příslušenství. Nejlepší varianty jednotlivých částí jsem spojil v jeden celkový koncept golfového vozíku. Design golfového vozíku je ve srovnání se stávajícími golfovými vozíky inovován použitím netradičního materiálu pro zakrytí neestetických částí – elastického textilního potahu.
3. V sw Inventor 10 jsem vypracoval 3D model vozíku, následně převedl do sw Rhinoceros, kde jsem doplnil příslušenství a provedl fotorealistické vizualizace. Vypracoval jsem sestavný výkres a dílenský výkres vybrané součásti.
4. Na základě analytického silového rozboru jízdních odporů jsem stanovil parametry elektromotorů pohonu a vypočítal rychlost pojezdu. Dále jsem provedl výpočet síly potřebné k převržení vozíku. V sw Ansys jsem provedl pevnostní analýzu při zatížení vozíku bagem o hmotnosti 25 kg. Konstrukce v nejvíce zatíženém místě svaru vyhověla s hodnotou statické bezpečnosti 3,9.
5. Zhotovil jsem realistický model vozíku v měřítku 1:3.

Výsledný golfový vozík splňuje všechny požadavky kladené na jeho konstrukci a funkčnost, stanovené v kapitole 3.

**Seznam použité literatury:**

- (1) MORAVEC, V.: Mechanické a hydraulické převody mechanické převody, VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1057-7, 107 s.
- (2) ŠMÍD, M.: Ergonomické parametry. SNTL, Praha, 1977, 195 s.
- (3) KRÁL, M.: Ergonomie a její využití v technické praxi II – normativy lidského těla. Alexandr Vávra – VAVA, Ostrava, 1998, 99 s.
- (4) LEINVEBER, J., VÁVRA, P.: Strojnické tabulky, ALBRA Úvaly, 2003, ISBN 80-86490-74-2, 865 s.

**Internet:**

- (5) <http://www.transmotec.com>
- (6) <http://www.temex.cz>
- (7) <http://www.wikipedie.com>
- (8) <http://www.google.com>

**Přílohy:**

1. BOU041 – SB3KSD01 – S01
2. BOU041 – SB3KSD01 – 01

Poděkování patří vedoucí bakalářské práce Ing. Mileně Hrudíčkové, Ph.D.